

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
31. Mai 2001 (31.05.2001)

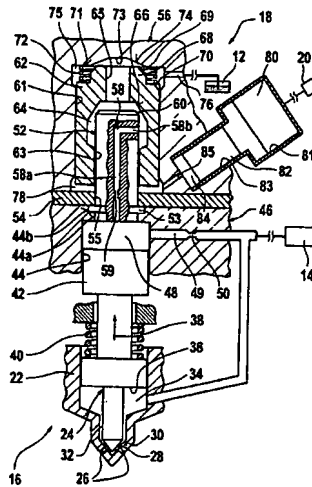
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/38712 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02M** Friedrich [DE/DE]; Kahlbieb 34, 70499 Stuttgart (DE). STOECKLEIN, Wolfgang [DE/DE]; Ludwigstr. 34 b, 70176 Stuttgart (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/04011**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
10. November 2000 (10.11.2000) (81) Bestimmungsstaaten (national): CZ, JP, KR, US.
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch** (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
199 54 288.0 11. November 1999 (11.11.1999) DE **Veröffentlicht:**  
— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BOECKING,** Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: **FUEL INJECTION VALVE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

(54) Bezeichnung: **KRAFTSTOFFEINSPRITZVENTIL FÜR BRENNKRAFTMASCHINEN**



(57) Abstract: The inventive fuel injection valve (16) comprises an injection valve element (24) via which at least one injection opening (26) is controlled. The movement of the injection valve element (24) is influenced by a control valve (18) which comprises a control valve element (62), said control valve element controlling the pressure in a control pressure space (48), and which can be moved by an adjusting force generated by a piezo actuator (80) thus controlling a connection of the control pressure space (48) to a pressure release space (12). The control valve (18) comprises two valve seats (60, 74) which are interspaced in the direction of movement of the control valve element (62), and with which the control valve element (62) interacts via a respective sealing surface (66, 69) arranged thereon so that the control valve element (62) has two closing positions in which the control pressure space (48) is separated from the pressure release space (12). When the control valve element (62) is not located in one of both closing positions, the control pressure space (48) is connected to the pressure release space (12). The fuel injection valve (16) can be momentarily opened by moving the control valve element (62) between both closing positions thereof.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/38712 A2



---

**(57) Zusammenfassung:** Das Kraftstoffeinspritzventil (16) weist ein Einspritzventilglied (24) auf, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung (26) gesteuert wird. Die Bewegung des Einspritzventilglieds (24) wird durch ein Steuerventil (18) beeinflusst, das ein Steuerventilglied (62) aufweist, durch das der Druck in einem Steuerdruckraum (48) gesteuert wird und das durch eine von einem Piezoaktor (80) erzeugte Stellkraft bewegbar ist und dabei eine Verbindung des Steuerdruckraums (48) mit einem Entlastungsraum (12) steuert. Das Steuerventil (18) weist zwei in Bewegungsrichtung des Steuerventilglieds (62) zueinander beabstandete Ventilsitze (60, 74) auf, mit denen das Steuerventilglied (62) mit jeweils einer an diesem angeordneten Dichtfläche (66, 69) zusammenwirkt, so daß das Steuerventilglied (62) zwei Schließstellungen aufweist, in denen der Steuerdruckraum (48) vom Entlastungsraum (12) getrennt ist. Wenn sich das Steuerventilglied (62) nicht in einer der beiden Schließstellungen befindet, so ist der Steuerdruckraum (48) mit dem Entlastungsraum (12) verbunden. Mit einer Bewegung des Steuerventilglieds (62) zwischen seinen beiden Schließstellungen ist ein kurzzeitiges Öffnen des Kraftstoffeinspritzventils (16) ermöglicht.

5

Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen

## Stand der Technik

10 Die Erfindung geht aus von einem Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen nach der Gattung des Anspruchs 1.

Ein solches Kraftstoffeinspritzventil ist durch die DE 198 13 983 A1 bekannt. Dieses Kraftstoffeinspritzventil ist  
15 Bestandteil eines Speicherkraftstoffeinspritzsystems und weist ein Einspritzventilglied auf, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung gesteuert wird und das einen Druckraum begrenzenden Druckschulter aufweist. Dem Druckraum ist unter Druck stehender Kraftstoff von einer  
20 Kraftstoffhochdruckquelle über eine Druckleitung zuführbar, durch den das Einspritzventilglied entgegen einer Schließkraft zur Öffnung der wenigstens einen Einspritzöffnung von einem Ventilsitz abhebbar ist. Die Bewegung des Einspritzventilglieds wird durch ein  
25 Steuerventil beeinflusst, das ein durch eine von einem Piezoaktor erzeugte Stellkraft bewegbares Steuerventilglied aufweist, das den in einem mit einer Druckquelle verbundenen Steuerdruckraum herrschenden Druck steuert, der das Einspritzventilglied in dessen Schließrichtung beaufschlagt.  
30 Durch das Steuerventilglied ist der Steuerdruckraum mit einem Entlastungsraum verbindbar, wodurch der Druck im Steuerdruckraum absinkt und das Einspritzventilglied in Öffnungsrichtung bewegt werden kann. Das Steuerventilglied wirkt mit einer an diesem angeordneten Dichtfläche mit einem  
35 Ventilsitz zusammen. Zu einem schnellen Öffnen und Schließen des Kraftstoffeinspritzventils, wie dies beispielsweise zur Erzielung einer Voreinspritzung erforderlich ist, sind hohe Stellkräfte für das Steuerventilglied notwendig, die vom

Piezoaktor erzeugt werden müssen, um das Steuerventilglied vom Ventilsitz abzuheben und nach dessen Bewegungsrichtungsumkehr wieder auf den Ventilsitz zurückzuführen. Die Bewegung des Steuerventilglieds durch die vom Piezoaktor erzeugte Stellkraft muß außerdem gegen den im Steuerdruckraum herrschenden Druck erfolgen, so daß ein großer Kraftaufwand zu dessen Bewegung erforderlich ist. Aus diesen Gründen ist ein Piezoaktor mit großen Abmessungen erforderlich.

#### Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß durch das Steuerventilglied mit einer Bewegung vom einen Ventilsitz zum anderen Ventilsitz ohne Bewegungsrichtungsumkehr ein sehr schnelles Öffnen und Schließen des Kraftstoffeinspritzventils erreicht werden kann, wozu außerdem nur eine geringe vom Piezoaktor zu erzeugende Stellkraft erforderlich ist, so daß dieser mit geringen Abmessungen ausgeführt werden kann.

In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils angegeben. Durch die Ausbildung gemäß Anspruch 2 ergibt sich auf das Steuerventilglied keine Kraft durch den Druck im Steuerdruckraum, wodurch nur eine geringe vom Piezoaktor zu erzeugende Stellkraft für die Bewegung des Steuerventilglieds erforderlich ist und der Piezoaktor mit geringen Abmessungen ausgeführt werden kann. Die Ausbildung gemäß Anspruch 3 ermöglicht einen kompakten Aufbau des Steuerventils.

#### Zeichnung

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 ein Speicherkraftstoffeinspritzsystem in schematischer Darstellung, Figur 2 ein Kraftstoffeinspritzventil des Speicherkraftstoffeinspritzsystems in einem Längsschnitt gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel, Figur 3 das Kraftstoffeinspritzventil im Längsschnitt gemäß einer modifizierten Ausführung und Figur 4 das Kraftstoffeinspritzventil im Längsschnitt gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Ein in Figur 1 schematisch dargestelltes Speicherkraftstoffeinspritzsystem weist eine Hochdruckpumpe 10 auf, durch die Kraftstoff aus einem Vorratstank 12 unter Hochdruck in einen Speicher 14 gefördert wird. Der Speicher 14 ist als sogenanntes Rail ausgebildet, von dem Leitungen zu Kraftstoffeinspritzventilen 16 abführen, die an einer Brennkraftmaschine angeordnet sind. Jedes Kraftstoffeinspritzventil 16 weist ein Steuerventil 18 auf, durch das das Öffnen und Schließen des Kraftstoffeinspritzventils 16 gesteuert wird. Das Speicherkraftstoffeinspritzsystem weist außerdem eine Steuereinrichtung 20 auf, der Signale über verschiedene Betriebsparameter der Brennkraftmaschine zugeführt werden und durch die abhängig hiervon die Steuerventile 18 der Kraftstoffeinspritzventile 16 zu deren Öffnen oder Schließen angesteuert werden.

In Figur 2 ist ein Kraftstoffeinspritzventil 16 mit zugehörigem Steuerventil 18 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel dargestellt. Das Kraftstoffeinspritzventil 16 weist einen Ventilkörper 22

auf, in dem ein Einspritzventilglied 24 axial verschiebbar geführt ist. Der Ventilkörper 22 weist an seinem dem Brennraum der Brennkraftmaschine zugewandten Endbereich wenigstens eine, vorzugsweise mehrere Einspritzöffnungen 26 auf. Das Einspritzventilglied 24 weist an seinem dem Brennraum zugewandten Endbereich eine beispielsweise etwa kegelförmige Dichtfläche 28 auf, die mit einem im Ventilkörper 22 ausgebildeten Ventilsitz 30 zusammenwirkt, von dem aus die Einspritzöffnungen 26 abführen. Im Ventilkörper 22 ist ein das Einspritzventilglied 24 umgebender Ringraum 32 ausgebildet, der mit einem Druckraum 34 verbunden ist, der wiederum mit dem Speicher 14 verbunden ist, so daß im Druckraum 34 der von der Hochdruckpumpe 10 erzeugte Druck herrscht. Das Einspritzventilglied 24 weist eine im Druckraum 34 angeordnete Druckschulter 36 auf, über die der im Druckraum 34 herrschende Druck eine in Öffnungsrichtung 38 des Einspritzventilglieds 24 wirkende Kraft auf dieses ausübt. Am Einspritzventilglied 24 greift eine vorgespannte Schließfeder 40 an, durch die das Einspritzventilglied 24 entgegen der durch den im Druckraum 34 herrschenden Druck auf dieses in Öffnungsrichtung 38 wirkenden Kraft in Schließrichtung beaufschlagt ist. Durch den im Druckraum 34 herrschenden Druck ist das Einspritzventilglied 24 gegen die Kraft der Schließfeder 40 in Öffnungsrichtung 38 bewegbar und gibt dabei die Einspritzöffnungen 26 frei, durch die Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Zur Beendigung der Einspritzung wird das Einspritzventilglied 24 in Schließrichtung mit seiner Dichtfläche 28 in den Ventilsitz 30 am Ventilkörper 22 gepresst, so daß die Einspritzöffnungen 26 verschlossen werden.

Im Bereich des dem Brennraum abgewandten Endes des Einspritzventilglieds 24 ist ein Schließkolben 42 angeordnet, der Teil des Steuerventils 18 ist. Der

5 Schließkolben 42 kann einstückig mit dem  
Einspritzventilglied 24 ausgebildet sein oder als separates  
Teil. Der Schließkolben 42 ist zumindest annähernd coaxial  
zum Einspritzventilglied 24 angeordnet und in einer Bohrung  
44 in einem Gehäuseteil 46 des Steuerventils 18 axial  
verschiebbar geführt.

10 Der Schließkolben 42 begrenzt in der Bohrung 44 einen  
Steuerdruckraum 48, der über einen Kanal 49, in dem eine  
Drossel 50 angeordnet ist, mit dem Speicher 14 verbunden  
ist. Dem Schließkolben 42 abgewandt ist die Bohrung 44  
gestuft ausgebildet und weist einen Abschnitt 44a mit  
verringertem Durchmesser und an diesen anschließend wieder  
einen Abschnitt 44b mit vergrößertem Durchmesser auf. Von  
15 der dem Steuerdruckraum 48 abgewandten Seite her ist in die  
Abschnitte 44a,b der Bohrung 44 ein Stutzen 52 eingesetzt,  
der im wesentlichen einen etwas kleineren Durchmesser als  
der Abschnitt 44a der Bohrung aufweist und mit seinem  
Endbereich im Abschnitt 44a angeordnet ist. Der Stutzen 52  
20 ist zumindest annähernd coaxial zum Schließkolben 42  
angeordnet. Der Stutzen 52 weist einen Ringbund 53 auf,  
dessen Durchmesser etwas kleiner ist als der Durchmesser des  
Abschnitts 44b der Bohrung 44 und der im Abschnitt 44b  
angeordnet ist. Der Stutzen 52 liegt mit seinem Ringbund 53  
25 an der am Übergang zwischen den Abschnitten 44a und 44b der  
Bohrung 44 gebildeten Ringschulter an und ist damit in  
Richtung seiner Längsachse zum Steuerdruckraum 48 hin  
festgelegt. An das Gehäuseteil 46 schließt sich eine  
Zwischenscheibe 54 an, die eine Bohrung 55 aufweist, deren  
30 Durchmesser größer als der Durchmesser des Stutzens 52  
jedoch kleiner als der Durchmesser des Ringbunds 53 ist. Die  
Zwischenscheibe 54 ist zwischen dem Gehäuseteil 46 und einem  
weiteren Gehäuseteil 56 eingespannt, so daß durch diese der  
Stutzen 52 über seinen Ringbund 53 in Richtung seiner  
35 Längsachse auch vom Steuerdruckraum 48 weg festgelegt ist.

Im Stutzen 52 ist ein Strömungskanal 58 ausgebildet, der von dem den Steuerdruckraum 48 begrenzenden Stirnende des Stutzens 52 ausgeht und an der Mantelfläche des Stutzens 52  
5 nahe von dessen dem Steuerdruckraum 48 abgewandten Ende mündet. Der Strömungskanal 58 weist beispielsweise ausgehend vom Stirnende des Stutzens 52 einen etwa parallel zur Längsachse des Stutzens 52 verlaufenden Abschnitt 58a und einen etwa rechtwinklig zu diesem verlaufenden Abschnitt 58b  
10 auf, der an der Mantelfläche des Stutzens 52 mündet. Im Strömungskanal 58 kann eine Drossel 59 angeordnet sein, um den Durchfluß zu begrenzen. An seinem dem Steuerdruckraum 48 abgewandten Endbereich weist der Stutzen 52 eine beispielsweise konische Anschrägung 60 auf, die als ein  
15 erster Ventilsitz des Steuerventils 18 dient.

Das Gehäuseteil 56 des Steuerventils 18 weist eine Bohrung 61 auf, in die der Stutzen 52 mit seinem dem Steuerdruckraum 48 abgewandten Bereich hineinragt. In der Bohrung 61 ist ein  
20 Steuerventilglied 62 dicht verschiebbar geführt, das als ein Hohlkolben ausgebildet ist, in den der Stutzen 52 hineinragt. Das Steuerventilglied 62 weist zur Zwischenscheibe 54 hin eine Bohrung 63 auf, deren Durchmesser nur wenig größer ist als der Durchmesser des  
25 durch die Bohrung 63 hindurchtretenden Stutzens 52. An die Bohrung 63 anschließend ist im Steuerventilglied 62 ein gegenüber der Bohrung 63 erweiterter Druckraum 64 ausgebildet, in dem der Strömungskanal 58 des Stutzens 52 mündet. An den Druckraum 64 schließt sich im  
30 Steuerventilglied 62 eine Bohrung 65 mit kleinerem Durchmesser als die Bohrung 63 an, die an dem der Zwischenscheibe 54 abgewandten Stirnende des Steuerventilglieds 62 mündet. Der Übergang vom Druckraum 64 zur Bohrung 65 verläuft mit einer beispielsweise konischen  
35 Anschrägung 66. Die Bohrung 63, der Druckraum 64 und die



Bohrung 65 im Steuerventilglied 62 sind zumindest annähernd  
koaxial zueinander angeordnet. Die Anschrägung 66 dient als  
erste Dichtfläche des Steuerventilglieds 62, die mit der  
Anschrägung 60 am Stutzen 52 als erstem Ventilsitz  
5 zusammenwirkt. Die Bohrung 65 bildet einen Abströmkanal,  
durch den der Druckraum 64 mit der Außenseite des  
Steuerventilglieds 62 verbunden ist.

Das Steuerventilglied 62 weist an seinem der Zwischenscheibe  
10 54 abgewandten Endbereich einen gegenüber dem Durchmesser  
des in der Bohrung 61 geführten Bereichs der  
Steuerventilglieds 62 im Durchmesser verringerten Ansatz 68  
auf, der sich zu seinem Ende hin mit einer beispielsweise  
konischen Anschrägung 69 verjüngt, die eine zweite  
15 Dichtfläche am Steuerventilglied 62 bildet. Durch den im  
Durchmesser verringerten Ansatz 68 ist am Steuerventilglied  
62 eine Ringschulter 70 gebildet. Die Bohrung 61 ist als  
Sackbohrung ausgebildet und zwischen dem Boden 71 der  
Bohrung 61 und der Ringschulter 70 des Steuerventilglieds 62  
20 ist eine vorgespannte Rückstellfeder 72 angeordnet, durch  
die das Steuerventilglied 62 zur Zwischenscheibe 54 hin  
gedrückt wird. Der Boden 71 der Bohrung 61 weist eine  
zumindest annähernd koaxial zum Steuerventilglied 62  
angeordnete Vertiefung 73 auf, der Rand 74 beispielsweise  
25 konisch angeschrägt ausgebildet ist und einen zweiten  
Ventilsitz bildet, mit dem die zweite Dichtfläche  
bildende Anschrägung 69 am Steuerventilglied 62  
zusammenwirkt. Durch das Steuerventilglied 62 mit dessen  
Ansatz 68 wird in der Bohrung 61 ein Ringraum 75 begrenzt,  
30 der über einen Kanal 76 mit einem Entlastungsraum verbunden  
ist, als der beispielsweise der Vorratstank 12 dienen kann.

Die Durchmesser des ersten Ventilsitzes 60 und des zweiten  
Ventilsitzes 74, an denen das Steuerventilglied 62 mit  
35 seiner ersten Dichtfläche 66 bzw. mit seiner zweiten

Dichtfläche 69 zur Anlage kommt, sind zumindest annähernd gleich groß.

5 Durch das Steuerventilglied 62 wird in der Bohrung 61 zur  
Zwischenscheibe 54 hin ein Arbeitsraum 78 begrenzt. Die  
Bohrung 61 kann im Bereich des Ringraums 75 und/oder im  
Bereich des Arbeitsraums 78 im Durchmesser etwas vergrößert  
sein gegenüber dem Bereich, in dem das Steuerventilglied 62  
10 in der Bohrung 61 geführt ist. Der Arbeitsraum 78 ist über  
eine hydraulische Übersetzung mit einem Piezoaktor 80  
verbunden. Der Piezoaktor 80 wird von der Steuereinrichtung  
20 angesteuert und ändert abhängig von einer an diesem  
anliegenden elektrischen Spannung seine Länge. Der  
Piezoaktor 80 ist in einem Zylinder 81 angeordnet und  
15 bewirkt bei seiner Längenänderung eine Verdichtung bzw.  
Entspannung eines im Zylinder 81 angeordneten  
Hydraulikvolumens. Die hydraulische Übersetzung ist dadurch  
erreicht, daß das vom Piezoaktor 80 beeinflusste  
Hydraulikvolumen auf einen im Durchmesser gegenüber dem  
20 Piezoaktor 80 verkleinerten Kolben 82 wirkt, der bei einer  
Längenänderung des Piezoaktors 80 einen um das Verhältnis  
des Durchmessers des Piezoaktors 80 zum Durchmesser des  
Kolbens 82 vergrößerten Hub ausführt. Der Kolben 82 ist  
zumindest annähernd coaxial zum Piezoaktor 80 angeordnet und  
25 in einem im Durchmesser entsprechenden Zylinder 83  
verschiebbar geführt. Durch den Kolben 82 wird ein  
Arbeitsraum 84 begrenzt, der über einen im Durchmesser  
kleineren Kanal 85 im Gehäuseteil 56 mit dem Arbeitsraum 78  
verbunden ist. Der Piezoaktor 80 sowie der Kolben 82 können  
30 beliebig am Umfang des Gehäuseteils 56 des Steuerventils 18  
angeordnet sein und mit ihren Längsachsen etwa senkrecht zur  
Längsachse des Steuerventils 18 oder wie in Figur 2  
dargestellt beliebig zur Längsachse des Steuerventils  
geneigt.

35

Nachfolgend wird die Funktion des Kraftstoffeinspritzventils 16 und des Steuerventils 18 erläutert. Wenn der Piezoaktor 80 nicht aktiviert ist, so herrscht im Arbeitsraum 78 ein geringer Druck und das Steuerventilglied 62 wird durch die Rückstellfeder 72 mit seiner ersten Dichtfläche 66 in Anlage am ersten Ventilsitz 60 am Stutzen 52 gehalten. Das Steuerventilglied 62 befindet sich hierbei in einer ersten Schließstellung. Der Druckraum 64 im Steuerventilglied 62 ist somit vom Entlastungsraum, der durch den Vorratstank 12 gebildet ist, getrennt und aus dem Steuerdruckraum 48 kann durch den Kanal 58 und den Druckraum 64 kein Kraftstoff abströmen. Aus diesem Grund herrscht im Steuerdruckraum 48 derselbe Druck wie im Speicher 14, der auf den Schließkolben 42 wirkt und über diesen auf das Einspritzventilglied 24 wirkt und dieses in seiner Schließstellung hält, in der das Einspritzventilglied 24 mit seiner Dichtfläche 28 am Ventilsitz 30 anliegt und die Einspritzöffnungen 28 verschließt, so daß kein Kraftstoff eingespritzt wird.

Wenn der Piezoaktor 80 von der Steuereinrichtung 20 angesteuert wird, so vergrößert sich dessen Länge und durch den Kolben 82 wird Hydraulikvolumen aus dem Arbeitsraum 84 über den Kanal 85 in den Arbeitsraum 78 verdrängt, wo der Druck ansteigt, bis die von diesem auf das Steuerventilglied 62 ausgeübte Kraft die Vorspannung der Rückstellfeder 72 überwinden kann und das Steuerventilglied 62 von der Zwischenscheibe 54 weg bewegt wird. Die erste Dichtfläche 66 des Steuerventilglieds 62 hebt dabei vom ersten Ventilsitz 60 am Stutzen 52 ab, so daß der Druckraum 64 im Steuerventilglied 62 mit der Bohrung 65 verbunden ist. Die zweite Dichtfläche 69 am Steuerventilglied 62 befindet sich dann noch nicht in Anlage am zweiten Ventilsitz 74, so daß die Bohrung 65 des Steuerventilglieds 62 mit dem Ringraum 75 und über diesen mit dem als Entlastungsraum dienenden Vorratstank 12 verbunden ist. Aus dem Steuerdruckraum 48

kann in dieser geöffneten Stellung des Steuerventils 18 Kraftstoff durch den Strömungskanal 58, den Druckraum 64 und die als Abströmkanal dienende Bohrung 65 in den Entlastungsraum abströmen, wodurch der Druck im Steuerdruckraum 48 sinkt. Das Einspritzventilglied 24 kann in diesem Fall durch den auf seine Druckschulter 36 wirkenden Druck des Speichers 14 gegen die Kraft der Schließfeder 40 und gegen die von dem im Steuerdruckraum 48 herrschenden verringerten Druck erzeugte Kraft in Öffnungsrichtung 38 bewegt werden und gibt die Einspritzöffnungen 28 frei, so daß Kraftstoff eingespritzt wird.

Wenn der durch den Piezoaktor 80 erzeugte Druck im Arbeitsraum 78 weiter erhöht wird, so wird das Steuerventilglied 62 weiter verschoben, bis es mit seiner zweiten Dichtfläche 69 am zweiten Ventilsitz 74 am Boden 71 der Bohrung 61 zur Anlage kommt. Das Steuerventilglied 62 befindet sich hierbei in einer zweiten Schließstellung. In diesem Fall ist die Bohrung 65 im Steuerventilglied 62 vom Ringraum 75 getrennt, so daß aus dem Steuerventilglied 62 durch die Bohrung 65 Kraftstoff abströmen kann und im Steuerdruckraum 48 der hohe Druck des Speichers 14 herrscht, durch den über den Schließkolben 42 das Einspritzventilglied 24 in seine Schließstellung bewegt wird und in dieser gehalten wird.

Durch entsprechende Ansteuerung des Piezoaktors 80 über die Steuereinrichtung 20 kann der Druck im Arbeitsraum 78 derart eingestellt werden, daß das Steuerventil 18 in seiner geöffneten Stellung gehalten wird, in der dieses weder mit seiner ersten Dichtfläche 66 am ersten Ventilsitz 60 am Stutzen 52 anliegt noch mit seiner zweiten Dichtfläche 69 am zweiten Ventilsitz 74 am Boden 71 der Bohrung 61 anliegt und somit das Kraftstoffeinspritzventil 16 geöffnet bleibt. Es

kann auch vorgesehen werden, daß durch entsprechende Aktivierung des Piezoaktors 80 das Steuerventilglied 62 ohne Bewegungsunterbrechung von seiner ersten Schließstellung in seine zweite Schließstellung bewegt wird oder umgekehrt. Bei 5 der Bewegung des Steuerventilglieds 62 erfolgt dabei keine Bewegungsrichtungsumkehr, sondern dieses wird nur in einer Richtung bewegt. Das Steuerventil 18 wird dabei nur kurzzeitig geöffnet, so daß entsprechend auch das Kraftstoffeinspritzventil 16 nur kurzzeitig geöffnet wird. 10 Dies ermöglicht beispielsweise eine Kraftstoffvoreinspritzung, bei der eine geringe Kraftstoffmenge vor der eigentlichen Kraftstoffeinspritzung eingespritzt wird. Durch entsprechende Ansteuerung des Piezoaktors 78 des Steuerventils 18 über die 15 Steuereinrichtung 20 kann der Zeitpunkt der Öffnung, die Dauer der Öffnung und die Größe des Öffnungshubs des Kraftstoffeinspritzventils 16 bestimmt werden. Das Kraftstoffeinspritzventil kann zunächst nur kurzzeitig und/oder mit geringem Öffnungshub geöffnet werden für die 20 Voreinspritzung, danach geschlossen werden und anschließend für die Haupteinspritzung für längere Zeit und/oder mit größerem Öffnungshub geöffnet werden. Es kann auch ein bestimmter Verlauf der Einspritzung erzielt werden, bei der beispielsweise das Kraftstoffeinspritzventil zunächst nur 25 mit einem geringen Öffnungshub geöffnet wird und anschließend mit einem größeren Öffnungshub geöffnet wird. Es kann auch ein beliebiger anderer Verlauf der Einspritzung erzielt werden.

30 Wenn sich das Steuerventilglied 62 in seiner ersten Schließstellung befindet, in der dessen erste Dichtfläche 66 am ersten Ventilsitz 60 am Stutzen 52 anliegt, so wirkt der Druck des Steuerdruckraums 48 im Druckraum 64, wobei sich jedoch keine resultierende Kraft auf das Steuerventilglied 35 62 ergibt, da der Druck allseitig den Druckraum 64

beaufschlagt. Wenn sich das Steuerventilglied 62 in seiner zweiten Schließstellung befindet, in der dessen zweite Dichtfläche 69 am zweiten Ventilsitz 74 am Boden 71 der Bohrung 61 anliegt, so ergibt sich durch den im Druckraum 64 und der Bohrung 65 herrschenden Druck des Steuerdruckraums 48 ebenfalls keine resultierende Kraft, da die Durchmesser der beiden Ventilsitze 60 und 74 gleich groß sind. Der Druck wirkt am Stirnende des Steuerventilglieds 62 neben der Bohrung 65 auf eine gleich große Ringfläche wie innerhalb des Steuerventilglieds 62 neben der Bohrung 65, so daß sich die hierbei entstehenden Druckkräfte ausgleichen. Eine Bewegung des Steuerventilglieds 62 durch den vom Piezoaktor 80 erzeugten Druck im Arbeitsraum 78 muß somit nicht gegen den Druck im Steuerdruckraum 48 erfolgen, so daß vom Piezoaktor 80 nur relativ geringe Stellkräfte erzeugt zu werden brauchen und der Piezoaktor 80 sowie die hydraulische Übersetzung mit geringen Abmessungen ausgeführt werden können.

In Figur 3 ist das Steuerventil 18 gemäß einer gegenüber dem vorstehend erläuterten ersten Ausführungsbeispiel modifizierten Ausführung dargestellt, wobei der grundsätzliche Aufbau des Steuerventils 18 gemäß der modifizierten Ausführung gleich ist wie beim ersten Ausführungsbeispiel und nachfolgend nur die zusätzlichen Merkmale erläutert werden. Der Stutzen 52 ist in der Bohrung 63 des Steuerventilglieds 62 möglichst dicht geführt, so daß die Bohrung 63 einen Dichtbereich darstellt, durch den der Druckraum 64 im Steuerventilglied 62 vom Arbeitsraum 78 getrennt ist. Das Steuerventilglied 62 weist in seiner Bohrung 63 eine umlaufende Ringnut 88 auf, die über eine oder mehrere etwa radiale Bohrungen 89 mit einer im Außenmantel des Steuerventilglieds 62 ausgebildete Ringnut 90 verbunden ist. Von der Ringnut 90 führt eine im Außenmantel des Steuerventilglieds 62 ausgebildete

beispielsweise etwa axial verlaufende Nut 91 in den Ringraum 75, über den eine Verbindung mit dem Entlastungsraum in Form des Vorratstanks hergestellt ist. Wenn sich das Steuerventilglied 62 in einer seiner Schließstellungen befindet, so herrscht im Druckraum 64 derselbe Hochdruck wie im Steuerdruckraum 48, wobei eventuell durch den zwischen dem Stutzen 52 und der Bohrung 63 vorhandenen Ringspalt Kraftstoff aus dem Druckraum 64 abströmt. Diese abströmende Leckmenge an Kraftstoff wird über die Ringnut 88, die Bohrung 89, die Ringnut 90 und die Nut 91 in den Entlastungsraum abgeführt und kann nicht in den Arbeitsraum 78 gelangen. Die Nut 91 kann anstelle im Außenmantel des Steuerventilglieds 62 auch in der Bohrung 61 des Gehäuseteils 56 ausgebildet sein. Über die Ringnuten 88 und 90 kann außerdem eine Befüllung der Arbeitsräume 78 und 84 der hydraulischen Übersetzung des Steuerventils 18 erfolgen.

In Figur 4 ist das Steuerventil 18 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem wiederum der grundsätzliche Aufbau gleich ist wie beim ersten Ausführungsbeispiel, jedoch die Wirkrichtungen der vom Piezoaktor erzeugten Stellkraft und der Rückstellfeder umgekehrt sind. Das Steuerventilglied 162 weist die Bohrung 63 auf, durch die der Stutzen 52 in den Druckraum 64 ragt, von dem die Bohrung 65 abführt. Am Boden 71 der Bohrung 161 ist die Vertiefung 73 ausgebildet und das Steuerventilglied 162 weist den Ansatz 68 auf. Die Bohrung 161 ist als Stufenbohrung ausgebildet und weist zu der Zwischenscheibe 54 hin einen Abschnitt 161a mit größerem Durchmesser auf und zu ihrem Boden 71 hin einen Abschnitt 161b mit kleinerem Durchmesser. Entsprechend ist das Steuerventilglied 162 in seinem Außendurchmesser ebenfalls gestuft ausgebildet und weist einen Bereich 162a mit größerem Durchmesser auf, der im Abschnitt 161a der Bohrung 161 angeordnet ist und einen Bereich 162b mit kleinerem Durchmesser, der im Abschnitt

161b der Bohrung 161 angeordnet ist. Zwischen einer durch einen Absatz am Steuerventilglied 162 gebildeten Ringschulter 170 und der Zwischenscheibe 54 ist eine vorgespannte Rückstellfeder 172 angeordnet, durch die das Steuerventilglied 162 zum Boden 71 der Bohrung 161 hin gedrückt wird. Durch den im Durchmesser größeren Bereich 162a des Steuerventilglieds 162 wird im Abschnitt 161a der Bohrung 161 ein Arbeitsraum 178 begrenzt, der über einen Kanal 185 mit der hydraulischen Übersetzung des Piezoaktors 80 verbunden ist. Der vom Steuerventilglied 162 im Abschnitt 161a der Bohrung 161 zur Zwischenscheibe 54 hin begrenzte Raum 188, in dem die Rückstellfeder 172 angeordnet ist, ist über einen Kanal 189 mit einem Entlastungsraum, beispielsweise dem Vorratstank 12, verbunden.

Nachfolgend wird die Funktion des Steuerventils 18 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel erläutert. Wenn der Piezoaktor 80 von der Steuereinrichtung 20 nicht aktiviert ist, so wird durch die Rückstellfeder 172 das Steuerventilglied 162 mit seiner zweiten Dichtfläche 69 gegen den zweiten Ventilsitz 74 am Boden 71 der Bohrung gepresst und befindet sich in seiner zweiten Schließstellung. Wenn der Piezoaktor 80 aktiviert ist, so wird durch den erhöhten Druck im Arbeitsraum 178 das Steuerventilglied 162 gegen die Vorspannung der Rückstellfeder 172 zur Zwischenscheibe 54 hin verschoben. Bei ausreichend hohem Druck im Arbeitsraum 178 gelangt das Steuerventilglied 162 mit seiner ersten Dichtfläche 66 in Anlage am ersten Ventilsitz 60 und wird in seiner ersten Schließstellung gehalten. In seiner zweiten Schließstellung, in der sich das Steuerventilglied 162 bei nicht aktiviertem Piezoaktor 80 befindet, ist das Volumen der Bohrung 65 im Steuerventilglied 162 ebenfalls vom hohen Druck im Steuerdruckraum 48 beaufschlagt. Im Gegensatz hierzu befindet sich das Steuerventilglied 62 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel bei nicht aktiviertem Piezoaktor



5 80 in seiner ersten Schließstellung, in der nur der Druckraum 64 im Steuerventilglied 62 vom hohen Druck im Steuerdruckraum 48 beaufschlagt ist, während das Volumen der Bohrung 65 mit dem Entlastungsraum verbunden ist. Durch das beim Steuerventil 18 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel vorhandene größere vom hohen Druck im Steuerdruckraum 48 beaufschlagte Volumen kann das dynamische Verhalten des Steuerventils 18 insbesondere bei kurzen Voreinspritzzeiten beeinflußt werden.

## 5        Ansprüche

1. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen,  
insbesondere als Bestandteil eines  
Speicherkraftstoffeinspritzsystems, mit einem axial  
10 verschiebbar geführten Einspritzventilglied (24), durch das  
wenigstens eine Einspritzöffnung (26) gesteuert wird und das  
eine einen Druckraum (34) begrenzenden Druckschulter (36)  
aufweist, wobei dem Druckraum (36) unter Druck stehender  
Kraftstoff von einer Kraftstoffhochdruckquelle (10;14)  
15 zugeführt wird, durch den das Einspritzventilglied (24)  
entgegen einer Schließkraft zur Öffnung der wenigstens einen  
Einspritzöffnung (26) von einem Ventilsitz (30) abhebbar  
ist, und mit einem die Bewegung des Einspritzventilglieds  
(24) beeinflussenden Steuerventil (18), das ein durch eine  
20 von einem Piezoaktor (80) erzeugte Stellkraft gegen eine  
Rückstellkraft bewegbares Steuerventilglied (62;162)  
aufweist, das den in einem mit einer Druckquelle (10;14)  
verbundenen Steuerdruckraum (48) herrschenden Druck steuert,  
der das Einspritzventilglied (24) zumindest mittelbar in  
25 seiner Schließrichtung beaufschlagt, wobei durch das  
Steuerventilglied (62;162) der Steuerdruckraum (48) mit  
einem Entlastungsraum (12) verbindbar ist und das  
Steuerventilglied (62;162) mit wenigstens einer Dichtfläche  
(66,69) mit wenigstens einem Ventilsitz (60,74)  
30 zusammenwirkt, über den die Verbindung des Steuerdruckraums  
(48) mit dem Entlastungsraum (12) gesteuert wird, dadurch  
gekennzeichnet, daß das Steuerventil (18) zwei in der  
Bewegungsrichtung des Steuerventilglieds (62;162) zueinander  
beabstandete Ventilsitze (60,74) aufweist, daß das  
35 Steuerventilglied (62;162) zwischen zwei Schließstellungen

bewegbar ist, in denen es jeweils mit einer Dichtfläche (66,69) an einem der Ventilsitze (60,74) anliegt und der Steuerdruckraum (48) vom Entlastungsraum (12) getrennt ist, und daß bei zwischen seinen beiden Schließstellungen angeordnetem Steuerventilglied (62;162) der Steuerdruckraum (48) mit dem Entlastungsraum (12) verbunden ist.

2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Ventilsitze (60,74) eine zumindest annähernd gleich große Querschnittsfläche aufweisen.

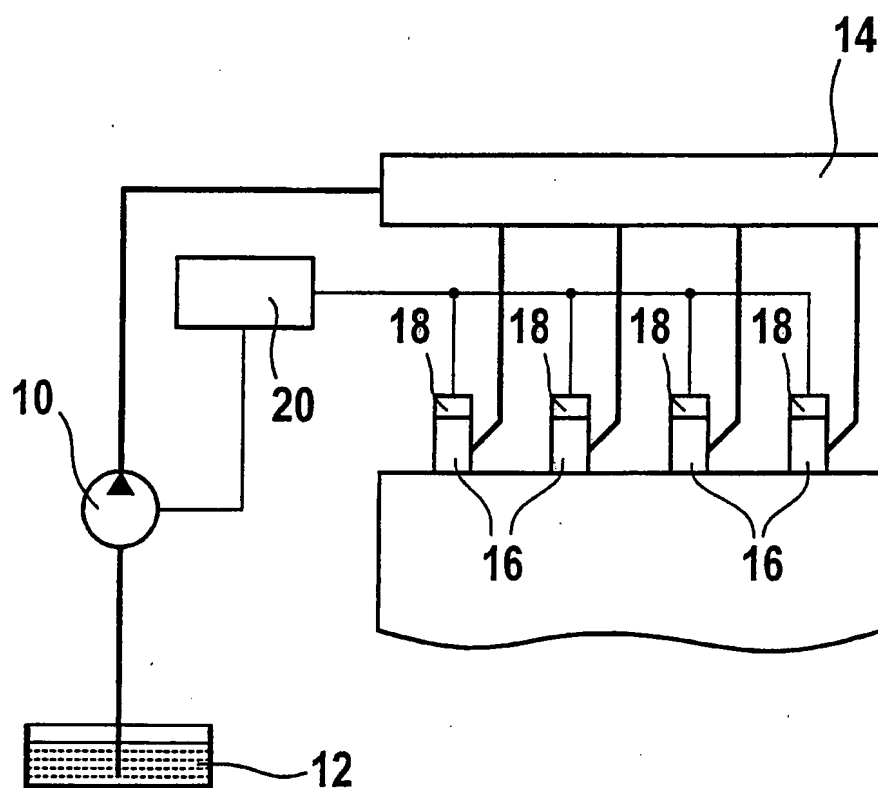
3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerventilglied (62;162) als ein Hohlkolben ausgebildet ist, wobei eine erste Dichtfläche (66) innerhalb des Steuerventilglieds (62;162) und die zweite Dichtfläche (69) an der Außenseite des Steuerventilglieds (62;162) angeordnet ist.

4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in das Steuerventilglied (62;162) ein Stutzen (52) hineinragt, in dem ein zum Steuerdruckraum (48) führender Kanal (58) ausgebildet ist, der im Steuerventilglied (62;162) in einem Druckraum (64) mündet, dessen Verbindung mit dem Entlastungsraum (12) durch das Steuerventilglied (62;162) gesteuert wird.

5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die innerhalb des Steuerventilglieds (62;162) ausgebildete erste Dichtfläche (66) mit dem als erstem Ventilsitz (60) dienenden Endbereich des Stutzens (52) zusammenwirkt und durch diese eine Verbindung des Druckraums (64) mit einem im Steuerventilglied (62;162) ausgebildeten Abströmkanal (65) gesteuert wird.

- 5 6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die an der Außenseite des Steuerventilglieds (62;162) angeordnete zweite Dichtfläche (69) im Bereich der Mündung des Abströmkanals (65) angeordnet ist und mit dem an einem Gehäuseteil (56) des Steuerventils (16) angeordneten zweiten Ventilsitz (74) zusammenwirkt und durch diese eine Verbindung des Abströmkanals (65) mit dem Entlastungsraum (12) steuert.
- 10 7. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Piezoaktor (80) erzeugte Stellkraft durch eine hydraulische Übersetzung verstärkt wird, die einen vom Steuerventilglied (62) begrenzten Arbeitsraum (78) aufweist, daß zwischen dem  
15 Stutzen (52) und dem Steuerventilglied (62) ein Dichtbereich (63) vorgesehen ist, durch den der Druckraum (64) vom Arbeitsraum (78) getrennt wird und daß der Dichtbereich (63) eine Verbindung (88,89,90,91) mit einem Entlastungsraum (12) aufweist.
- 20 8. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerventilglied (62) durch die Rückstellkraft zum ersten Ventilsitz (60) am Stutzen (52) hin beaufschlagt ist.
- 25 9. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerventilglied (162) durch die Rückstellkraft zum zweiten Ventilsitz (74) am Gehäuseteil (56) hin beaufschlagt ist.

1 / 4

**FIG. 1**

2 / 4

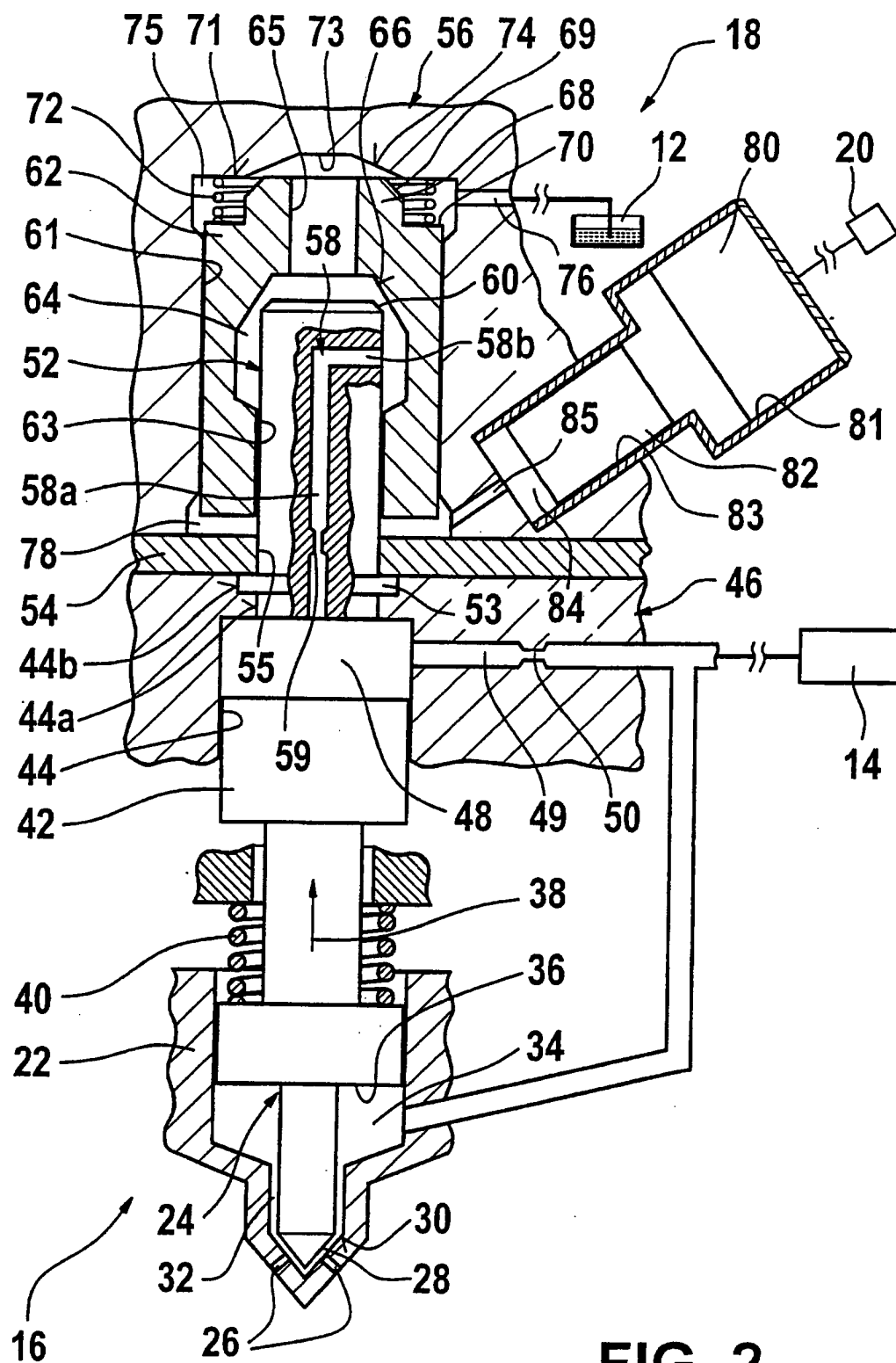
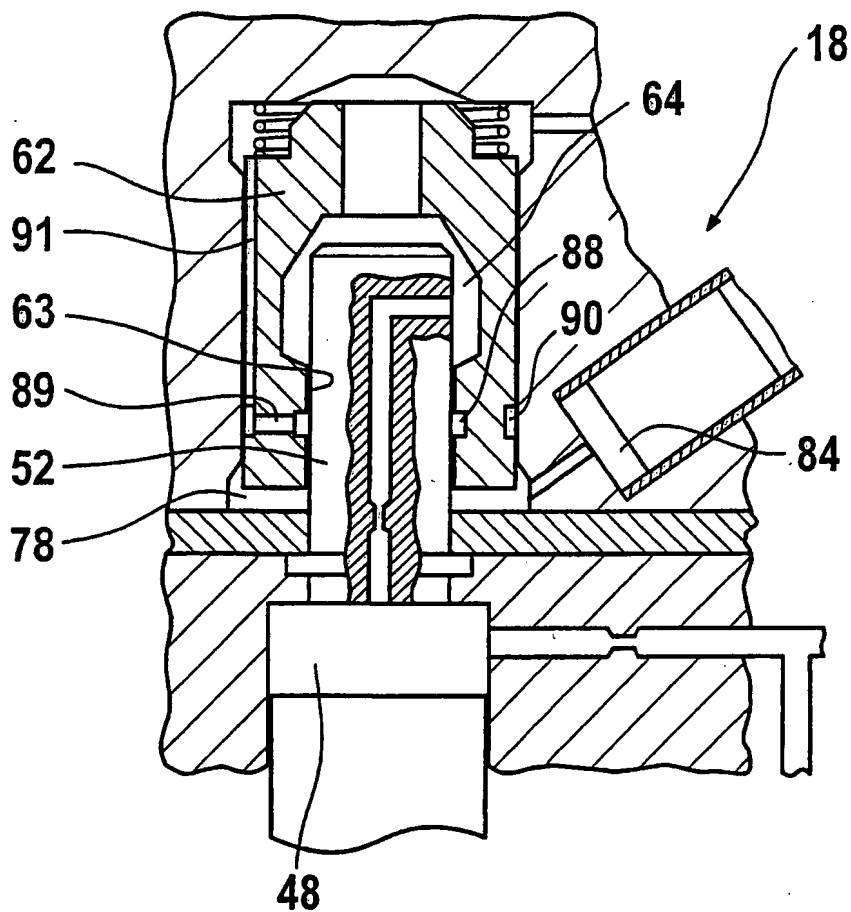


FIG. 2

3 / 4

**FIG. 3**

4 / 4

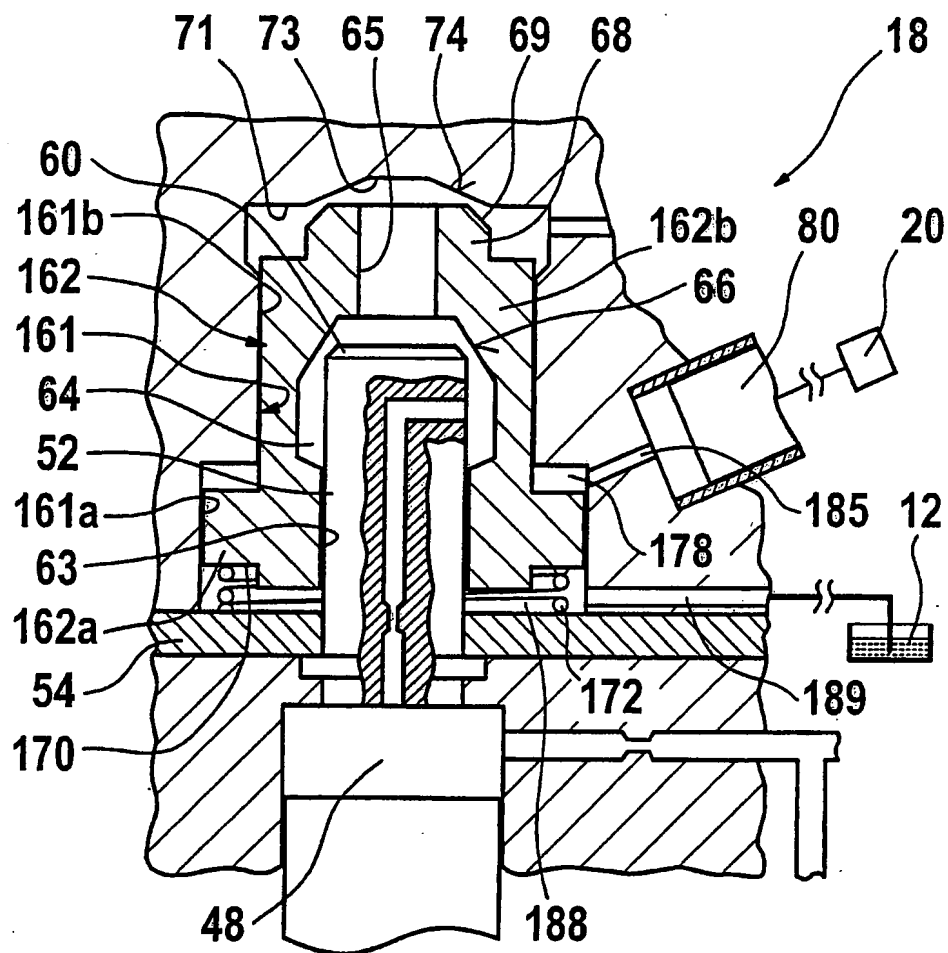


FIG. 4